

Publication number: JP2000098098

Publication date: 2000-04-07

Inventor: KAMITAKA NORIAKI; KONDO HIROYUKI

Applicant: NIPPON KOGAKU KK

Classification:

- International: G21K5/02; H05G2/00; G21K5/02; H05G2/00; (IPC1-7): G21K5/02

- European:

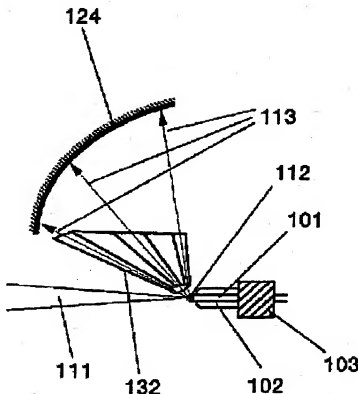
Application number: JP19980265887 19980921

Priority number(s): JP19980265887 19980921

Report a data error here

Abstract of JP2000098098

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an X-ray generator capable of suppressing the effect of scattered particles and raising the conversion efficiency of X-ray used, continuously supplying target material for a long time and continuously operating for a long time. **SOLUTION:** A target material 101 exposes its end surface and excited laser pulse light 111 is condensed and projected onto the end surface. The condensed diameter is 0.1 mm and exciting laser pulse light 111 is focused in a smaller region than the cross section of the end part of the target material 101. When plasma 112 is formed on the end surface of the target material 101, the target material is gradually ground. Since the generation position of plasma 112 is always detected, the target material 101 is sent by a plasma generation position by the target material driving device 103 so that the position is always the same. The target material 101 is exactly guided to the focal point of the exciting laser light 111 by a guide member 102.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-98098
(P2000-98098A)

(43) 公開日 平成12年4月7日(2000.4.7)

(51) Int.Cl.⁷

G 2 1 K 5/02

識別記号

F I

G 2 1 K 5/02

テマコード(参考)

X

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-265887

(22) 出願日 平成10年9月21日(1998.9.21)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 神高 典明

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 近藤 洋行

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100094846

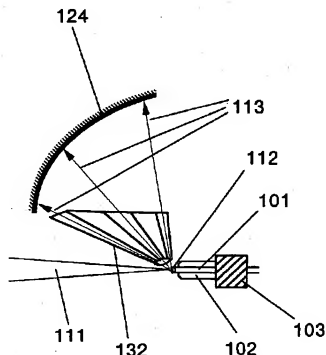
弁理士 細江 利昭

(54) 【発明の名称】 X線発生装置

(57) 【要約】

【課題】 飛散粒子の影響を抑制しながら利用するX線への変換効率を上げることができ、なおかつ標的材の長時間連続供給が可能であって、長期間の連続運転が可能なX線発生装置を提供する。

【解決手段】 標的材101はその端面を露出しており、励起レーザーパルス光111がその端面に集光・照射されている。集光径は直径0.1mmであり、標的材101の先端部分の断面より小さな領域に励起レーザーパルス光111が集光されている。標的材101の端面にプラズマ112が形成されると標的材101は徐々に削られていくが、プラズマ112の発生位置が常時検出されており、この位置が常に一定になるように、標的材駆動装置103によって標的材101がプラズマ生成位置に送られている。標的材101はガイド部材102によって励起レーザー光111の集光位置に正確に導かれている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 標的部材に励起エネルギービームを照射することによってプラズマを発生させ、当該プラズマから発生するX線を取り出すX線発生装置であって、標的材が直径0.1〜1mmの細線状のものであり、当該標的材の先端部の、先端部の断面より小さな領域に励起エネルギービームを照射する照射機構と、励起エネルギービーム照射によって消耗した部分に対応するだけの新しい標的材細線を、励起エネルギービーム照射位置に供給する標的材供給機構とを有することを特徴とするX線発生装置。

【請求項2】 前記標的材が、密度、組成などの物性が軸対称に変化する直径径0.1〜1mmの線材からなることを特徴とする請求項1に記載のX線発生装置。

【請求項3】 標的部材に励起エネルギービームを照射することによってプラズマを発生させ、当該プラズマから発生するX線を取り出すX線発生装置において、標的材が直径0.01〜0.1mmの細線状のものであり、当該標的材の先端部に、後述する第2励起エネルギービームよりエネルギーの小さい第1励起エネルギービームを照射する第1の照射機構と、当該標的材の先端部に、先端部の断面にはほぼ等しいかそれより大きな照射面積を持つ第2励起エネルギービームを照射する第2の照射機構と、励起エネルギービーム照射によって消耗した部分に対応するだけの新しい標的材細線を、励起エネルギービーム照射位置に供給し続ける標的材供給機構とを有してなり、第1励起エネルギービームの照射が始まってから10ns以内に、第2励起エネルギービームの照射が開始されるようにされていることを特徴とするX線発生装置。

【請求項4】 利用する波長のX線の吸収が小さいガスを、X線発生位置を含む空間に導入するガス導入機構と、X線を利用する取り出し立体角を囲む空間の全部又は一部に、プラズマ形成位置を頂点とする多角錐、円錐又は楕円錐の一部の形状を有する部材を有し、導入されたガスが、多角錐の底面側（X線取り出し側）から多角錐の頂点側（プラズマ側）に向かって流れを形成するようにされていることを特徴とする請求項1から請求項3のうちいずれか1項に記載のX線発生装置。

【請求項5】 利用する波長のX線の吸収が小さいガスを、X線発生位置を含む空間に導入するガス導入機構と、励起エネルギービームが照射される立体角を囲む空間の全部又は一部に、プラズマ形成位置を頂点とする多角錐、円錐又は楕円錐の一部の形状を有する部材を有し、導入されたガスが、多角錐の底面側（励起エネルギービーム照射側）から多角錐の頂点側（プラズマ側）に向かって流れを形成するようにされていることを特徴とする請求項1から請求項4のうちいずれか1項に記載のX線発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、X線露光装置、X線顕微鏡、X線分析装置などに使用されるX線装置に関するものであり、さらに詳しくは、励起エネルギービームを標的部材に照射してプラズマを発生させ、当該プラズマが発生するX線を発生するX線発生装置であって、飛散粒子の影響を抑制しながら利用するX線の変換効率を上げることができ、長期間に亘って連続使用が可能なものに関するものである。

【0002】

【従来技術】現在、半導体集積回路の微細なパターンを持つ半導体集積回路の製造には光による縮小投影露光が広く用いられている。縮小露光に利用される光の波長はパターンの微細化に伴い短波長化が進んでいるが、将来、可視・紫外といった光では原理的に不可能な微細なパターンの形成に軟X線を用いようとする試みがなされている。

【0003】軟X線の線源としては、シンクロトロン放射光やレーザープラズマX線源が候補に挙げられる。レーザープラズマX線源は、パルスレーザー光を物質の表面に集光して物質をプラズマ化し、そのプラズマが放出するX線を利用するものである。このレーザープラズマX線源は、シンクロトロン放射光を利用する場合にくらべて非常に小型の線源にすることができるが、プラズマを形成しているイオンや、プラズマの生成により吹き飛ばされたプラズマ近傍の標的材が周囲に飛散粒子として飛び散ってしまうという問題がある。軟X線を放出するプラズマの周囲には、X線を利用するために軟X線光学素子が配置されるが、飛散粒子はこの軟X線光学素子の表面に付着・堆積する。軟X線領域のX線はすべて物質に強く吸収されるため表面の汚れには非常に敏感であり、飛散粒子の付着は非常に大きな問題である。

【0004】この飛散粒子を抑制する方法として、飛散粒子の少ない物質を標的材とし、飛散粒子の分布が少い角度からX線を取り出すなど、飛散粒子の特性を利用することをはじめ多くの提案がなされている。固体標的材を用いる場合、プラズマ生成に必要となるのはごく表面近傍の標的材原子だけであり、それ以上の質量を供給しても軟X線の発生には寄与せずに飛散粒子の原因となるだけなので、標的材を薄膜状にすることも効果がある。また、発生した飛散粒子を阻止する方法として、X線透過率の高いガスを導入したり、高速シャッターを用いる試みも多くなされている。ガスを導入した場合には、散乱した飛散粒子を阻止する部材をX線を遮らないように配置することで、飛散粒子阻止効果は飛躍的に上昇する。さらに、問題となる飛散粒子が発生しないように、高圧のガスや極低温で固化させたガスを標的材とする方法も提案されており、多くの実験結果も報告されている。

【0005】また、軟X線を用いた縮小投影露光に求められる光源のX線発生量はかなり大きなものであるため

少しでも多くのX線を発生することが望ましい。レーザープラズマX線源の場合、励起パルスレーザーの出力(パルスエネルギーも繰り返し周波数に依存)を上げること、利用する波長のX線への変換効率を高くすることが求められる。そのため励起レーザーとして、出力がkW級のレーザーの開発が進められている。また、プラズマから発生するX線のスペクトルは標的材の電子構造に強く依存しているため、目的とする波長のX線への高い変換効率を持つ元素を標的材として用いることが考えられている。

【0006】Mo/Si多層膜によって比較的高い反射率が得られるためにその利用が有力視されている波長13nmの軟X線の場合、ガスではクリプトン(Kr)、キセノン(Xe)などが、金属では、金(Au)、タンタル(Ta)、錫(Sn)などが変換効率が高い。

【0007】標的材の形状と発生するX線量についてもいくつかの提案がなされている。励起レーザー光が大きな質量を持つ金属などの表面に照射された場合、形成したプラズマの熱は近接する金属層の材に伝わり逃げていくのに対し、標的材を薄い膜材にすれば熱が逃げにくくなるためプラズマ加熱の効率、ひいてはX線発生効率向上する。

【0008】また、金属表面の同じ位置に繰り返しプラズマを生成した場合、平らな表面に最初にプラズマを形成したときよりも何度かプラズマを形成した後にプラズマを形成したときの方がX線の発生量が増えるという報告がある。これはプラズマの形成により生じた凹みによってプラズマに対して閉じ込め効果がはたらき、ある程度の温度と密度のプラズマが維持されるためであるといわれている。

【0009】【発明が解決しようとする課題】先に述べたように、レーザープラズマX線源ではより高い変換効率で目的とする波長域の軟X線を発生させ、かつ、飛散粒子の影響を小さく抑え込む試みがなされている。

【0010】また、要求されるX線量を達成するために必要となるkW級(パルス出力 ~ 1 J、繰り返し周波数 ~ 1 kHz)のレーザーの開発も行われているが、その開発は容易ではなく、また、開発されても非常に高価なものになるといわれている。一方、利用するX線への変換効率を少しでも高くできれば、励起レーザー装置に求める出力を小さくすることができる。変換効率が数十%上昇すればレーザー出力は数十%小さくてよく、変換効率が2倍になればレーザー出力は半分でよい。レーザー出力に対する要求数値の低下はその開発においては大きな意味を持ち、たとえ数十%の変化といえども、その価格にも大きく影響する可能性がある。

【0011】また、数百 \sim 千Hzでプラズマを発生させる場合には、標的材の供給方法も問題となる。この速度では板状の標的材の長時間の連続供給はほぼ不可能で、テ

ープ状の標的材でも秒速1m程度の速度で供給し続けるため1時間の連続供給では3kmを超えるテープ状標的材が必要となる。これに対して液体あるいは気体の標的材を用いる場合は連続供給という点では有利であるが、変換効率が固体の場合ほど高くならず、また、制御・耐久性の点からも高速で長時間の連続供給は決して容易ではない。

【0012】X線の発生量を増加させるために表面に適度な凹みを持った形状の標的材を用いる場合、プラズマの発生によって凹みは大きくなっていくために、常に適度に凹んだ形状を保つ必要がある。平板上に複数の凹みを形成した場合は、その位置をプラズマ生成位置に合わせる必要があるが、繰り返しプラズマを形成するためには非常に広い面積の標的材が必要となり、また、プラズマを高い繰り返し周波数で発生させる場合にはその位置合わせを非常に高速に行わなければならない。

【0013】本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、飛散粒子の影響を抑制しながら利用するX線への変換効率を上げることができ、なおかつ標的材の長時間連続供給が可能であって、長期間の連続運転が可能なX線発生装置を提供することを課題とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するための第1の手段は、標的部材に励起エネルギービームを照射することによってプラズマを発生させ、当該プラズマから発生するX線を取り出すX線発生装置であって、標的材が直径0.1 \sim 1mmの細線状のものであり、当該標的材の先端部、先端部断面より小さな領域に励起エネルギービームを照射する照射機構と、励起エネルギービーム照射によって消耗した部分に対応するだけの新しい標的材細線を、励起エネルギービーム照射位置に供給する標的材供給機構とを有することを特徴とするX線発生装置(請求項1)である。

【0015】標的材を直径0.1 \sim 1mmの細線状とし、当該標的材の先端部に、先端部の断面より小さな領域に励起エネルギービームを照射すると、励起エネルギービームを照射された中心部分がプラズマによって集中的に削り取られ、標的材の端面には凹みが生ずる。標的材の表面に凹みが形成されていると、イオンや電子の拡散が制限されるため、閉じ込め効果によって発生したプラズマはある程度の温度と密度を維持でき、そのプラズマ温度で発生するX線がより多くなる。

【0016】また、標的材が線状であるので、プラズマによって削り取られて消耗した部分に対応するだけの新しい標的材を、標的供給機構によって供給することができ、よって、長期間に亘ってX線発生装置を連続使用することができる。

【0017】なお、請求項1においては、標的材の直径を規定しているが、標的材の断面は必ずしも円形である必要がなく、同等の断面積を有する多角形や円に近い楕

円であってもよい。請求項1の発明の範囲には、このような標的材を用いたものも含まれる。このことは、請求項2以下の発明においても同様である。

【0018】前記課題を解決するための第2の手段は、前記第1の手段であって、標的材が、密度、組成などの物性が軸対称に変化する直径直径0.1〜1mmの線材からなることを特徴とするもの（請求項2）である。

【0019】本手段によれば、線状の標的材の軸に近い部分にプラズマによって削り取られ易い物性のものを配置し、軸から遠い部分にプラズマによって削り取られにくい物性のものを配置することにより、標的材の中心部分に凹みが生じ易くすることができる。従って、前記第1の手段が有する効果をさらに高めることができる。

【0020】前記課題を解決するための第3の手段は、標的材部に励起エネルギービームを照射することによってプラズマを発生させ、当該プラズマから発生するX線を取出すX線発生装置において、標的材が直径0.01〜0.1mmの細線状のものであり、当該標的材の先端部に、後述する第2励起エネルギービームよりエネルギーの小さい第1励起エネルギービームを照射する第1の照射機構と、当該標的材の先端部に、先端部の断面にはほぼ等しいかそれより大きな照射面積を持つ第2励起エネルギービームを照射する第2の照射機構と、励起エネルギービーム照射によって消耗した部分に対応するだけの新しい標的材細線を、励起エネルギービーム照射位置に供給し続ける標的材供給機構とを有してなり、第1励起エネルギービームの照射が始まってから10ns以内に、第2励起エネルギービームの照射が開始されるようにされていることを特徴とするX線発生装置（請求項3）である。

【0021】本手段においては、第1励起エネルギービームにより標的材の先端部にプリプラズマを発生させる。このプリプラズマは、10ns以内に、標的材部の断面に等しいか大きい範囲に広がっている。この状態で、生成したプリプラズマに第2励起エネルギービームを照射することにより、X線を発生させる。

【0022】本手段においては、第1励起エネルギービームによって標的材の先端部にプリプラズマを発生しておくことにより、プラズマの加熱が効率よく行われ、第2励起エネルギービームの照射直後からX線を発生させることができる。

【0023】この際、第1励起エネルギービームの強さを第2励起エネルギービームの強さより弱くしておくことが好ましい。始めから強い励起エネルギービームを照射しても、時間的に最初の部分は反射されななどで、効率的にプラズマの加熱には寄与しない。よって、第1励起エネルギービームの強さを第2励起エネルギービームの強さより弱くしておくことにより、小さなエネルギーで効率良く軟X線を発生させることができる。

【0024】また、プリプラズマが広がった状態で第2励起エネルギービームを照射するので、標的材の断面積

を小さくすることができる。よって、標的材の熱伝導によりが周囲に逃げるプラズマの熱量を少なくすることができる。第2励起エネルギービームの遅延時間は、10ns以内であれば、プリプラズマの発生状況、拡散状況に応じて任意に決定することができ。しかし、第2励起エネルギービームを照射する時点を、第1励起エネルギービームを照射した時点より10ns以上遅らせることで、プリプラズマが広がりがすき、温度も低下するので、目的とする効果を得ることができない。

【0025】本手段においても、前記第1の手段と同様、標的材が線状であるので、プラズマによって削り取られて消耗した部分に対応するだけの新しい標的材を、標的供給機構によって供給することができる。よって、長期間に亘ってX線発生装置を連続使用することができる。なお、標的材を均一に消耗させるためには、第1励起エネルギービームの照射面積も、先端部の断面にほぼ等しいかそれより大きなものとするのが好ましい。

【0026】前記課題を解決するための第4の手段は、前記第1の手段から第3の手段のいずれかであって、利用する波長のX線の吸収が小さいガスを、X線発生位置を含む空間に導入するガス導入機構と、X線を利用する取り出し立体角を囲む空間の全部又は一部に、プラズマ形成位置を頂点とする多角錐、円錐又は楕円錐の一部の形状を有する部材を有し、導入されたガスが、多角錐の底面側（X線取り出し側）から多角錐の頂点側（プラズマ側）に向かって流れを形成するようにされていることを特徴とするもの（請求項4）である。

【0027】本手段においては、散乱飛散粒子阻止部材の内部の空間にはプラズマ生成位置の方向に向かって運動するガス分子の方がその逆方向に運動するガス分子よりも多く存在する。プラズマから発生した飛散粒子はガス分子によって散乱されるため、その運動の方向を変化させて散乱飛散粒子阻止部材の表面に付着し、除去させる。散乱飛散粒子阻止部材の表面に到達しなかった飛散粒子もガス分子による散乱によってその運動量を失い、やがてガス分子の不規則な分子運動の中に混ざり込んでいき、全体としてプラズマ生成位置に向かう流れに乗って排気口へと向かう。このようにしてプラズマから発生した飛散粒子はガスと散乱飛散粒子阻止部材によって効果的に除去され、X線光学素子の表面に到達することはない。

【0028】前記課題を解決するための第5の手段は、利用する波長のX線の吸収が小さいガスを、X線発生位置を含む空間に導入するガス導入機構と、励起エネルギービームが照射される立体角を囲む空間の全部又は一部に、プラズマ形成位置を頂点とする多角錐、円錐又は楕円錐の一部の形状を有する部材を有し、導入されたガスが、多角錐の底面側（励起エネルギービーム照射側）から多角錐の頂点側（プラズマ側）に向かって流れを形成するようにされていることを特徴とする請求項1から請

求項4のうちいずれか1項にX線発生装置(請求項5)である。

【0029】本手段も、前記第4の手段で説明したものと同様の作用を有し、その結果、プラズマから発生した飛散粒子はガスと散乱飛散粒子阻止部材によって効果的に除去され、励起エネルギービームが通過する窓等の表面に到達することはほとんどない。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の例を図を用いて説明する。図1は、本発明の実施の形態の第1の例であるレーザープラズマX線発生部の構成を示す概略図である。図1において、101は標的材、102はガイド部材、103は標的材駆動装置、111は励起レーザー光、112はプラズマ、113はX線、124は軟X線光学素子、132は散乱飛散粒子阻止部材である。

【0031】標的材101は直径0.3mmのタンタル線材である。標的材101はその端面を露出しており、励起レーザーパルス光111がその端面に集光・照射されている。集光径は直径0.1mmであり、標的材101の先端部分の断面より小さな領域に励起レーザーパルス光111が集光されている。標的材101の端面にプラズマ112が形成されると標的材101は徐々に削られていくが、プラズマ112の発生位置が常時検出されており、この位置が常に一定になるように、標的材駆動装置103によって標的材101がプラズマ生成位置に送られていく。標的材101はガイド部材102によって励起レーザー光111の集光位置に正確に導かれている。

【0032】この標的材101の端面において生成されるプラズマについて図2を用いて説明する。図2において、206は標的材、207は多孔質タンタル部、208は通常のタンタル部、211は励起レーザー光、212-a、212-bはプラズマである。

【0033】本実施の形態で標的材となっているタンタル細線は図2(b)に示されるように、その断面を見ると中心のφ0.2mm程度の領域207が多孔質になっており、その外側の部分208よりもプラズマによって削り取れやすい。よって、励起レーザー光211が何度か集光・照射されると、標的材の端面には凹みが生ずる。図2(a)のように平らな表面を持つ標的材206に励起レーザー光211が照射されるとプラズマ212-aが生成されると、プラズマ212-aを形成する高温のイオンや電子は周囲に拡散しプラズマ212-aは急速に冷える。これに対し、表面に凹みが形成されていると、イオンや電子の拡散が制限されるため、図2(c)に示すように、閉じ込め効果によって発生したプラズマ212-bはある程度の温度と密度を維持でき、そのプラズマ温度で発生するX線はより多くなる。半径0.3mm、深さ0.3mm程度の凹みの場合、レーザー光の照射強度が $10^{10} \sim 10^{13} \text{ W/cm}^2$ のとき、波長13nm付近の軟X線につい

て閉じ込め効果によるX線発生量の増加、すなわち、変換効率の向上が期待できる。

【0034】プラズマ生成位置の周囲は1Pa以下の圧力まで排気された後、クリプトン(Kr)ガスが導入されている。図1において、プラズマ生成位置の近傍にはプラズマ生成位置を頂点とした多角錐の一部を組み合わせた散乱飛散粒子阻止部材132が配置されている。クリプトンは13nm付近に吸収端を持つため、それよりやや長い波長のX線については高い透過率を有する。さらに、クリプトンは分子の質量が比較的大きいため、ヘリウム(He)ガスよりも効果的に飛散粒子を散乱する。標的部材であるタンタルは融点が非常に高く、また、硬いために、発生するほとんどすべての飛散粒子がクリプトン分子で散乱可能な程度の大きさである。散乱することによって飛散粒子は散乱飛散粒子阻止部材132の表面に到達、吸着される。

【0035】散乱飛散粒子阻止部材132は厚さ0.5mm以下の薄い板材で構成されており、発生するX線はほとんど遮らないが、散乱した飛散粒子は効率よく吸着する。さらに、真空排気装置の引き口(不図示)がプラズマ生成位置付近にあるため、散乱飛散粒子阻止部材132内の空間にはプラズマ112側に向かってクリプトン分子の流れが形成されている。このため散乱飛散粒子阻止部材132の表面に吸着されなかった飛散粒子も軟X線光学素子124の表面にはほとんど到達しない。

【0036】本発明の実施の形態の第2の例であるレーザープラズマX線発生部の構成を図3に示す。図3において、301は標的材、302はガイド部材、303は標的材駆動装置、311は励起レーザー光、312はプラズマ、313はX線、324は軟X線光学素子である。

【0037】標的材301は直径0.05mmのタンタル細線である。標的材301は標的材駆動装置303によって駆動され、ガイド部材302に導かれて励起レーザー光311の集光・照射位置に供給されている。標的のタンタル細線はその端面を露出しており、第1の励起レーザーパルス光311が照射される。第1の励起レーザーパルス光はパルス持続時間1ns、照射強度は 10^{10} W/cm^2 程度であり、これにより標的材のタンタル細線の先端には比較的低温のアリプラズマが生成される。アリプラズマを形成するイオンの速度は 10^6 cm/s 程度であるので、10ns後にはプラズマは 0.1 mm 程度拡がっている。この時点で集光径0.1mm、照射強度 10^{13} W/cm^2 程度のパルス光(第2の励起レーザーパルス光)が照射されると、アリプラズマは加熱されて強い軟X線313が発生する。

【0038】アリプラズマが無い場合に大きなエネルギーを持ったパルス光が入射しても、パルス光の時間的に前の部分は反射されるなど効率的にプラズマの加熱には寄与しないが、アリプラズマの生成によりプラズマの

加熱が効率よくおこなわれる。また、標的材301が細線であるために、大きな質量を持つ板材に比べると、標的材301の熱伝導によってプラズマの熱が周囲に逃げる割合はずっと小さく、このことによってもプラズマの加熱が効率よくおこなわれる。プラズマの加熱が効率よく行われることによって変換効率が上昇する。

【0039】プラズマ生成位置の周囲には、図1に示したものと同様の散乱飛散粒子阻止部材332が配置され、クリプトンガスが導入されている。これによって、軟X線光学素子324に到達する飛散粒子は非常に少なく抑えることができ、よって、長時間安定にX線を利用することができる。

【0040】図4に、本発明の実施の形態の第3の例であるレーザープラズマX線発生装置の構成図を示す。図4において、401は標的材、402はガイド部材、403は標的材駆動装置、404は作動排気室、405はリング、411は励起レーザー光、412はプラズマ、413はX線、421はレンズ、422は導入窓、423は導入窓保護板、424は軟X線光学素子、425はX線取り出し窓、431はガス導入口、432は散乱飛散粒子素子部材、433は排気口、434はプラズマ位置検出器、441は真空容器である。

【0041】真空容器441内には、標的材401となる直径0.3mmのタンタル細線が容器外から供給されている。標的材401の導入には2段の差動排気室404が用いられ、内径が0.3mmよりやや小さいリング405によってシールされている。タンタル細線は、図2(b)に示すようにその内部に多孔質の部分があり、エネルギー0.5J、パルス持続時間10ns、集光径0.1mm程度のパルス光が断面の中央に連続して照射された場合、常に直径0.3mm、深さ0.3mm程度の穴が形成されるようになっている。

【0042】この穴による閉じ込め効果で波長13nm付近の軟X線を輻射する程度の温度のプラズマが持続し、波長13nm付近の軟X線が多く輻射される。このようにして、この標的材からは金属タンタルの平らな表面にプラズマを生成した場合にくらべてより多くの波長13nm付近の軟X線を得ることができ、さらに標的材は連続的かつ長時間にわたって供給することができる。

【0043】標的材401の先端のプラズマ412の位置は、プラズマ位置検出器434によって常時検出されており、標的材401の端面(プラズマ412位置)が常に同じ位置にあるように、標的材駆動装置403によって調節されている。

【0044】励起レーザー光411は集光レンズ420、導入窓422を通して標的材の端面に集光・照射される。発生したX線は軟X線光学素子(多層膜反射鏡)424で反射され、X線取り出し窓425を通して取り出される。

【0045】真空容器441内にはガス導入口431から

クリプトンガスが導入されている。クリプトンは波長13nm付近に吸収端を持っており、これより僅かに長い波長の軟X線に対しては高い透過率を有している。10Paの場合、距離50cmで透過率は90%程度である。排気口433はプラズマ421の生成位置の近傍に配置されており、クリプトンの圧力が常に10Paとなるようにガスの導入と排気が制御されている。

【0046】プラズマ412と軟X線光学素子424の間、およびプラズマ412と導入窓422の間には、X線413及び励起レーザー光411の光路をできるだけ遮らない形状をした散乱飛散粒子阻止部材432が配置されている。散乱飛散粒子阻止部材432はプラズマ生成位置を頂点とした多角錐の一部が組み合わされた形状をしており、厚さ0.5mm以下の薄い板材で構成されている。排気口433がプラズマ生成位置の近傍に配置されているため、散乱飛散粒子阻止部材432の内部の空間にはプラズマ生成位置の方向に向かって運動するクリプトン分子の方がその逆向きに運動する分子よりも多く存在する。プラズマ412から発生した飛散粒子はクリプトン分子によって散乱されるため、その運動の方向を変化させて散乱飛散粒子阻止部材432の表面に付着し、除去される。

【0047】また、散乱飛散粒子阻止部材432の表面に到達しなかった飛散粒子もクリプトンガスとの散乱によってその運動量を失い、やがてクリプトン分子の不規則な分子運動の中に混ざり込んでいき、全体としてプラズマ生成位置に向かう流れに乗って排気口433へと向かう。このようにしてプラズマから発生した飛散粒子はクリプトンガスと散乱飛散粒子阻止部材によって効果的に除去され、X線光学素子424、導入窓422の表面に到達することはほとんどない。

【0048】ここで用いるクリプトンガスは高価なものであるが、排気口から排気装置に向かう途中には排気するガスを冷却することによってクリプトンガスを液化(固化)させて回収するクリプトン回収装置(不図示)が配置されており、クリプトンガスを繰り返し使えるようになっている。励起レーザー光導入窓422のプラズマ側位置には、励起レーザー光を透過する導入窓保護板423が配置されており、非常に長時間のX線発生によって飛散粒子が付着して励起レーザー光の透過率が低下した場合は、交換できるようにしている。

【0049】図5に、本発明の実施の形態の第4の例であるレーザープラズマX線発生装置の構成図を示す。図5において、501は標的材、502はガイド部材、503は標的材駆動装置、504は作動排気室、505はリング、511は励起レーザー光、512はプラズマ、513はX線、521はレンズ、522は導入窓、523は導入窓保護板、524は軟X線光学素子、525はX線取り出し窓、531はガス導入口、532は散乱飛散粒子素子部材、533は排気口、534はプラズ

マ位置検出器、541は真空容器である。

【0050】装置の構成と機能は、標的材501の形状とプラズマ512の生成過程を除いて図4に示した実施の形態と同じである。真空容器541内に、標的材501となる直径0.05mmのタンタル細線が導入されている。標的材501の導入には2段の差動排気室504が用いられており、内径が0.05mmよりやや小さいリング505によってシールされている。

【0051】標的材501の先端のプラズマ512の位置は、プラズマ位置検出器534によって常時検出されており、標的材501の端面(プラズマ512位置)が常に同じ位置にあるように、駆動装置503によって調節されている。

【0052】励起レーザー光511は先に照射されるプリバルス、それにやや遅れて照射されるメインバルスの2つに分かれている。励起レーザー光発生装置(不図示)から射出したバルス光(エネルギー1J、バルス持続時間8ns程度)はエネルギーが10:1程度の2つのバルスに分ける。この2つのバルスのうち、エネルギーの小さい方のバルスをレンズ521で集光して、プリバルスとして直ちに標的材501の端面に照射し、エネルギーの大きい方のバルスを10nsほどの時間遅延を与えた後に光路を同軸に戻し、レンズ521で集光してメインバルスとして標的材501の端面に照射する。最初にプリバルスが照射されると比較的低温のプラズマが生成され、膨張を始める。プリバルス光が照射されてから10ns程度後には、プラズマ512は直径0.2mm程度に広がっており、このとき、バルスがこのプラズマ512に照射される。

【0053】最初の励起レーザー光を弱めるのは、フィルタ等の光学素子を使用すればよいし、第2の励起レーザー光を遅延させるのは、最大で3mほど余分に光路を迂回させてから標的材部に照射させるようにすればよい。なお、前述のように、ひとつの励起レーザー発生装置から射出したバルス光を2分割して使用する場合には、プリバルスは、メインバルスが照射されている時間帯にも照射されつづけることもあるが、このようなことがあって一向に差し支えない。

【0054】固体の金属を直接大きなエネルギーのバルスで加熱すると、最初に生じる反射光や固体金属の大きな熱伝導の影響によりプラズマの加熱を効果的に起こすことは難しいが、あらかじめ生成しておいたプラズマを加熱することで加熱効率は改善される。また、膨張したプラズマを第2の励起レーザービームで加熱するようにするために、第2の集光径である0.1mmに対して、標的材501の直径は0.05mmと小さくすることができ、標的材501を伝導して逃げていく熱を少なくすることができる。よって、プラズマの加熱効率を高くすることができるため、高い軟X線への変換効率を実現できる。本実施の形態に示したクリプトン導入・排気・回収

装置と散乱飛散粒子阻止部材は図4に示したものと同様であり、飛散粒子を効果的に抑制している。

【0055】図4、図5に示した本発明の実施の形態では、散乱飛散粒子阻止部材432、532が軟X線光学素子(多層膜反射鏡)424、524で反射した軟X線を遮らないようにプラズマ412、512に近い領域にのみ配置されている。しかし、反射した軟X線が通過する領域でも、利用するX線をほとんど遮ることなく散乱飛散粒子阻止部材を配置することができる。

【0056】この様子を図6に示す。図6において、601はプラズマ、602はX線光学素子、603はX線、604は散乱飛散粒子阻止部材、605はX線取り出し方向を示す。図6に示すように、散乱飛散粒子阻止部材604が、X線光学素子602のX線の入射・反射面内の、利用するX線603をほとんど遮ることがない位置に配置されている。このような散乱飛散粒子阻止部材604を配置することによって飛散粒子の除去効果は更に高まり、軟X線光学素子を長時間にわたって安定的に使用することができる。

【0057】図4、図5に示した2つの実施の形態においては、標的細線の太さを0.3mm、0.05mmとしているが、標的細線の太さはこれに限定するものではなく、標的材の材質、励起レーザー光の照射条件などによって最適化することが望ましい。

【0058】また、以上の実施の形態では、標的材の材質はタンタルとしたがこれに限るものではなく、標的材は単一の材質ではなくても合金でもよい。その場合にも、断面の材質方向に組成や密度などを変化させることによって、プラズマが断面に繰り返し生成された場合に、目的とする波長の軟X線を輻射するプラズマに対して閉じ込め効果を有する凹みが形成され続けるようにしておくことが望ましい。

【0059】図5に示した実施の形態では、プリプラズマを生成するプリバルスを、メインバルスと同様な光路で標的材表面に導いているが、プリバルスの光路は別でもよく、また、2つ以上の複数方向から照射してもよい。また、プリバルスの集光径を標的細線の径と同等にし、メインバルスの集光径は加熱するプラズマの径と同等にするところに好ましい。プリバルスを発生するレーザー発生器とメインバルスを発生するレーザー発生器とは別のものを用いてもよい。

【0060】以上の実施の形態においては、標的材を真空容器外から供給しているが、真空容器内に十分な長さの標的材を保持することができれば、真空中から供給しなくてもよい。

【0061】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明のうちの請求項にかかる発明においては、標的材が直径1~1mmの細線状のものであり、当該標的材の先端部に、先端部の断面より小さな領域に励起エネルギービームを照射す

る照射機構と、励起エネルギービーム照射によって消耗した部分に対応するだけの新しい標的材細線を、励起エネルギービーム照射位置に供給し続ける標的材供給機構とを有することを特徴とするものである。標的材の端面には凹みが生じ、イオンや電子の拡散が制限されるため、閉じ込め効果によって発生したプラズマはある程度の温度と密度を維持でき、そのプラズマ温度で発生するX線がより多くなる。また、プラズマによって削り取られて消耗した部分に対応するだけの新しい標的材を、標的供給機構によって供給することができる。よって、長期間に亘ってX線発生装置を連続使用することができる。

【0062】請求項2に係る発明においては、標的材が、密度、組成などの物性が軸対称に変化する直径直径0.1〜1mmの線材からなるので、標的材の中心部分に凹みが生じ易くすることができる。

【0063】請求項3に係る発明においては、標的材が直径0.01〜0.1mmの細線状のものであり、当該標的材の先端部に、先端部の断面にはほぼ等しいより大きな照射面積を持つ第1励起エネルギービームを照射する第1の照射機構と、当該標的材の先端部に、先端部の断面にはほぼ等しいより大きな照射面積を持つ第2励起エネルギービームを照射する第2の照射機構と、励起エネルギービーム照射によって消耗した部分に対応するだけの新しい標的材細線を、励起エネルギービーム照射位置に供給し続ける標的材供給機構とを有してなり、第1励起エネルギービームの照射が始まってから10ns以内、第2励起エネルギービームの照射が開始されるようにされているので、第1励起エネルギービームにより標的材の先端部にプラズマを発生しておくことによりプラズマの加熱が効率よく行われ、第2励起エネルギービームの照射直後からX線を発生させることができる。

【0064】また、プラズマが広がった状態で第2励起エネルギービームを照射するので、標的材の断面面積を小さくすることができる。よって、標的材の熱伝導によりが周囲に逃げるプラズマの熱量を少なくすることができる。

【0065】請求項4に係る発明においては、利用する波長のX線の吸収が小さいガスを、X線発生位置を含む空間に導入するガス導入機構と、X線を利用する取り出し立体角を囲む空間の全部又は一部に、プラズマ形成位置を頂点とする多角錐、円錐又は楕円錐の一部の形状を有する部材を有し、導入されたガスが、多角錐の底面側(X線取り出し側)から多角錐の頂点側(プラズマ側)に向かって流れを形成されるようにされているので、プラズマから発生した飛散粒子はガスと散乱飛散粒子阻止部材によって効果的に除去され、X線光学素子の表面に到達することを防止することができる。

【0066】請求項5に係る発明においては、利用する波長のX線の吸収が小さいガスを、X線発生位置を含む

空間に導入するガス導入機構と、励起エネルギービームが照射される立体角を囲む空間の全部又は一部に、プラズマ形成位置を頂点とする多角錐、円錐又は楕円錐の一部の形状を有する部材を有し、導入されたガスが、多角錐の底面側(励起エネルギービーム照射側)から多角錐の頂点側(プラズマ側)に向かって流れを形成されるようにされているので、プラズマから発生した飛散粒子はガスと散乱飛散粒子阻止部材によって効果的に除去され、励起エネルギービームが通過する窓等の表面に到達することを防止することができる。

【0067】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の第1の例であるレーザープラズマX線発生部の構成を示す概略図である。

【0068】

【図2】標的材の端面において発生するプラズマの状態を示す図である。

【0069】

【図3】本発明の実施の形態の第2の例であるレーザープラズマX線発生部の構成を示す図である。

【0070】

【図4】本発明の実施の形態の第3の例であるレーザープラズマX線発生装置の構成を示す図である。

【0071】

【図5】本発明の実施の形態の第4の例であるレーザープラズマX線発生装置の構成を示す図である。

【0072】

【図6】散乱飛散粒子阻止部材の配置の例を示す図である。

【0073】

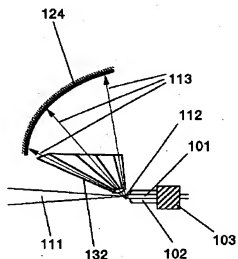
【符号の説明】

101…標的材、102…ガイド部材、103…標的材駆動装置、111…励起レーザー光、112…プラズマ、113…X線、124…軟X線光学素子、132…散乱飛散粒子阻止部材、206…標的材、207…多孔質タンタル部、208…通常のタンタル部、211…励起レーザー光、212-a、212-b、301…標的材、302…ガイド部材、303…標的材駆動装置、311…励起レーザー光、312…プラズマ、313…X線、324…軟X線光学素子、401…標的材、402…ガイド部材、403…標的材駆動装置、404…作動排気室、405…オリング、411…励起レーザー光、412…プラズマ、413…X線、421…レンズ、422…導入窓、423…導入窓保護板、424…軟X線光学素子、425…X線取り出し窓、431…ガス導入口、432…散乱飛散粒子阻止部材、433…排気口、434…プラズマ位置検出器、441…真空容器、501…標的材、502…ガイド部材、503…標的材駆動装置、504…作動排気室、505…オリング、511…励起レーザー光、512…プラズマ、513…X線、

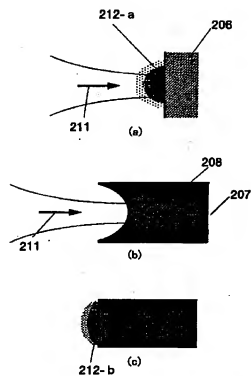
521…レンズ、522…導入窓、523…導入窓保護板、524…軟X線光学素子、525…X線取り出し窓、531…ガス導入口、532…散乱飛散粒子素子部材、533…排気口、534…プラズマ位置検出器、5

41…真空容器、601…プラズマ、602…X線光学素子、603…X線、604…散乱飛散粒子阻止部材、605…X線取り出し方向

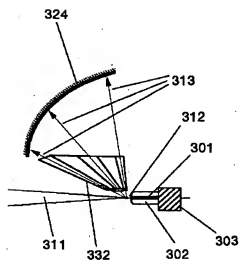
【図1】



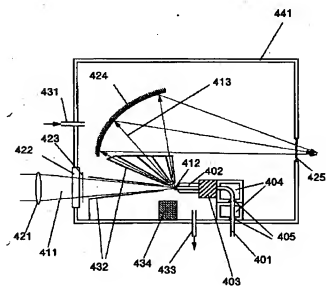
【図2】



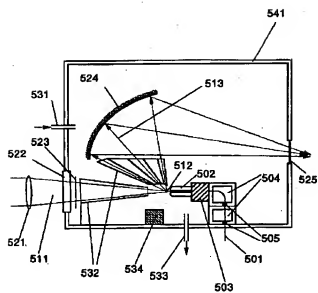
【図3】



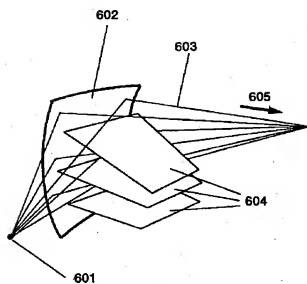
【図4】



【図5】



【図6】



PCTWORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION
International Bureau

INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification⁶ :
G03F 7/20**A1**(11) International Publication Number: **WO 99/42904**

(43) International Publication Date: 26 August 1999 (26.08.99)

(21) International Application Number: PCT/NL99/00090

(22) International Filing Date: 19 February 1999 (19.02.99)

(30) Priority Data: 1008352 19 February 1998 (19.02.98) NL

(71) Applicant (for all designated States except US): STICHTING
VOOR DE TECHNISCHE WETENSCHAPPEN [NL/NL];
Raadstede 15/19, NL-3431 HA Nieuwegein (NL).

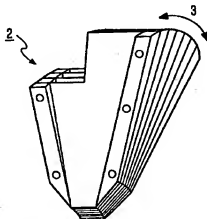
(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (for US only): SHMAENOK, Leonid
[NL/NL]; Daalderburg 8, NL-3437 SW Nieuwegein (NL).(74) Agent: VAN BREDA, Jacques; Octrooibureau Los en Stigter
B.V., Weteringschans 96, NL-1017 XS Amsterdam (NL).(81) Designated States: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD,
GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP,
KR, KZ, LC, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,
TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO
patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), Eurasian
patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European
patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR,
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).**Published**

With international search report.

In English translation (filed in Dutch).

(54) Title: FILTER FOR EXTREME ULTRAVIOLET LITHOGRAPHY



(57) Abstract

The invention relates to an apparatus suited, for example, for extreme ultraviolet lithography, comprising a radiation source and a processing organ for processing the radiation from the radiation source. Between the radiation source and the processing organ a filter is placed, which in the radial direction from the radiation source, comprises a plurality of foils or plates.

FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece	ML	Mali	TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	MN	Mongolia	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MR	Mauritania	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MX	Mexico	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	NE	Niger	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NL	Netherlands	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norway	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NZ	New Zealand	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	PL	Poland		
CM	Cameroon	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kazakhstan	RO	Romania		
CZ	Czech Republic	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
DE	Germany	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Denmark	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
EE	Estonia	LR	Liberia	SG	Singapore		

FILTER FOR EXTREME ULTRAVIOLET LITHOGRAPHY

The invention relates to an apparatus comprising a radiation source and a processing organ for processing the radiation from the radiation source.

Such an apparatus may be used in the production of integrated circuits, that is to say in a lithographical application. The invention may also be applied in various other fields. For a good understanding of the invention, however, a lithographical application will serve well as illustration. Continuous attempts are made to make integrated circuits smaller and smaller in order to improve the processing speed of the integrated circuits.

According to the prior art, such integrated circuits are manufactured chiefly by using lithography with visible and ultraviolet light. With these known technologies, it is possible to manufacture integrated circuits that may be as short as 120 nanometres. The ultraviolet light used with said circuits has a wavelength of 193 nanometres. The known techniques do not allow a further decrease of the dimensions of the integrated circuits, and a possible solution is the use of lithography on the basis of extreme ultraviolet light. Such light has a wavelength of 13 nanometres. The known optical elements cannot be used at this wavelength. The known mirrors and lenses absorb too large a portion of the extreme ultraviolet light. In order to allow for this, the processing organ for processing the radiation from the radiation source is a multi-layer mirror which consists of 40 or more molybdenum layers alternating with silicon layers.

In such an apparatus for extreme ultraviolet lithography a laser plasma source is used to generate a plasma by heating an object by means of a laser source of high energy density, for example of at least 10^{11} W/cm². The

object heated by the laser will function as source of secondary emission of mainly shortwave radiation. However, this will also release undesirable particles and atoms producing the effect of debris in the apparatus. The
5 objective of the invention is to prevent the production of said debris.

WO 96/10324 discloses such an apparatus for the generation of radiation. This apparatus uses a fast rotating target which is heated by the laser source and which
10 produces the secondary emission. Due to the kinetic energy of the particles formed from the plasma on the rotating target, this apparatus has a filtering effect in respect of the so-called macro-particles. However, trapping atoms and in particular the fastest micro-particles, is not
15 possible in this known apparatus.

According to the invention this possibility is now provided, by the apparatus being characterized in that a filter is placed between the radiation source and the processing organ which filter, in the radial direction from
20 the radiation source, comprises a plurality of foils or plates. Surprisingly it has been shown that this very simple measure not only makes it possible to trap atoms and micro-particles, but also clusters of such micro-particles, respectively the smallest macro-particles.

25 A first preferred embodiment of the apparatus according to the invention is characterized in that the foils or plates are positioned in a honeycomb construction.

A second preferred embodiment of the apparatus
30 according to the invention is characterized in that the foils or plates are cone-shaped and are positioned concentrically.

Preferably, in the radial direction the foils or plates are positioned such as to be evenly distributed in
35 relation to one another.

Such an apparatus is used with a buffer gas in which the radiation source and the processing organ are placed. Appropriately, the distance between the radiation source and the filter's proximal end in relation to the

radiation source is then selected subject to the pressure and the type of buffer gas. A very suitable choice of buffer gas is krypton, whose pressure is 0.5 Torr, and the distance between the radiation source and the proximal end of the filter is 5 cm. This setting affords sufficient opportunity for the particles to be trapped in the filter to take on the temperature of the buffer gas, for example room temperature, thereby sufficiently reducing the particle's velocity before it enters the filter.

It is further desirable to select the length of the filter, which is formed by the distance between the filter's proximal end and its distal end in relation to the radiation source, subject to the pressure of the buffer gas and the form of the filter. Especially the gas pressure determines the mean free path length for the particles to be trapped; a lower gas pressure corresponds to an increased free path length. This can be partially compensated by the form of the filter. For example, using the above-mentioned honeycomb construction provides a larger surface area, affording greater opportunity for the particles to actually be trapped.

It has been shown that good results can be obtained when the length of the filter is at least 1 cm. This filter length corresponds with a usual gas pressure of, for example, 100 mTorr.

As already mentioned above, the apparatus is operational at room temperature. The measure of maintaining the filter at a temperature which is approximately below room temperature, allows the residence time of the atoms and particles trapped on a foil or plate to be increased, and accordingly the effectiveness of the filter to be improved.

It is further desirable that the number of plates in the filter should be adjusted subject to the thickness of each plate and the desired optical transparency of the filter as determined by the formula

$$\frac{d}{d + d_r} \times 100 \%$$

in which d = the distance between two plates of the filter
at the side of the radiation source; and
 d_f = the thickness of a plate of the filter.

In this way the light output of the integral apparatus can be maintained at an adequate level, while the effectiveness of the filter can still be 100%. The apparatus is then preferably characterized in that the number of plates is adjusted such that the distance between two plates is approximately 1 mm.

10 The effectiveness of the filter may be improved further by roughening the surface of the plates.

The invention is further embodied in a separate filter for suppressing undesirable atomic and microscopic particles emitted by a radiation source, characterized by a plurality of plates positioned substantially parallel in relation to one another, for trapping atomic and microscopic particles on their respective surfaces.

Such a separate filter is preferably characterized in that the plates are directed radially from an imaginary point. This makes it ideal for use in association with a point-like radiation source.

The invention will now be explained in more detail with reference to the drawing, in which

Fig. 1 shows schematically a radiation source together with a filter according to the invention;

Fig. 2 shows a preferred embodiment of the filter according to the invention; and

Fig. 3 shows schematically two more preferred embodiments of the filter according to the invention.

30 In the Figs., identical reference numbers relate to similar parts.

Fig. 1 shows a radiation source indicated by reference number 1, and a filter which is generally indicated by reference number 2. The processing organ that is used in the apparatus for, for example, extreme ultraviolet lithography, is not shown. This processing organ is located at the side of the filter 2 facing away from the radiation source 1. The filter 2 comprises a number of plates 3 positioned in a radial direction from the radi-

ation source 1. It is possible to position said plates in a honeycomb construction, or as a plurality of concentric cones as shown in Fig. 3.

Figs. 1 and 2 show that in the direction of radiation from the source 1, the plates are positioned such as to be evenly distributed next to one another. The proximal end 4 of the filter 2 is at a distance X from the radiation source 1, which distance is selected depending on the pressure and the type of buffer gas in which the radiation source 1, the processing organ (not shown), and also the filter 2, are placed. If the apparatus is used for extreme ultraviolet lithography, the buffer gas is preferably krypton having a pressure of 0.5 Torr, and the value of X may be 5 cm. The length of the plates of the filter is indicated by L. The value of L is selected depending on the pressure of the buffer gas and the form of the filter 2. The value of L, that is to say the length of the filter, is at least 1 cm. In Fig. 1, this value is approximately 10 cm. The thickness of the plates 3 may be, for example, 0.1 mm, and the spacing between the plates at the side nearest the radiation source 1, may be approximately 1 mm. This may result in an optical transparency of the filter 2, which is determined by the formula

$$\frac{d}{d + d_f} \times 100 \%$$

in which d = the distance between two plates of the filter at the proximal side of the filter; and
 d_f = the thickness of a plate of the filter.

The effectiveness of the filter can be promoted if the surface of the plates 3 is slightly roughened.

When the apparatus is used for extreme ultraviolet lithography, radiation is used having a wavelength of 13.5 nanometres. Various inert gasses may be used as buffer gas, such as helium and krypton which, compared with other gasses have the lowest absorption coefficient at this wavelength. Krypton is better able to meet the requirements of the present application because the atomic mass of krypton is more compatible with that of the atomic- and

micro-particles emitted by the radiation source, which augments the inhibition of said undesirable particles. The krypton gas used is maintained at a pressure of at least several mTorr. It should be noted that taken over a distance of 20 cm at a pressure of 0.5 Torr, the optical transparency of krypton for the desired radiation is approximately 90%. The filter used in the apparatus is comprised of copper plates (other materials are also possible) which have a length of 7 cm and are positioned at 2 cm from the radiation source. At a plate thickness of 0.2 mm and with the plates being spaced at approximately 0.8 mm at the side of the radiation source, the filter will have a geometrical transparency of approximately 80%. The effectiveness of the filter was measured at room temperature and at a temperature of approximately -90°C. At both these temperatures the effectiveness of the filter was shown to be very high, almost 100.

It will be clear to the person skilled in the art that the various dimensions of the filter forming part of the apparatus according to the invention, as well as the distance from the filter to the radiation source, has to be determined in practice on the basis of the above-mentioned inter-relating ratios. It is therefore possible to apply diverse variations to the above description, without departing from the idea of the invention as specified in the appended claims.

CLAIMS

1. An apparatus suited, for example, for extreme ultraviolet lithography, comprising a radiation source and a processing organ for processing the radiation from the radiation source, characterized in that a filter is placed
5 between the radiation source and the processing organ which filter, in the radial direction from the radiation source, comprises a plurality of foils or plates.

2. An apparatus according to claim 1, characterized in that the foils or plates are positioned in a honeycomb
10 construction.

3. An apparatus according to claim 1, characterized in that the foils or plates are cone-shaped and are positioned concentrically.

4. An apparatus according to one of the claims 1-3,
15 characterized in that in the radial direction the foils or plates are positioned such as to be evenly distributed in relation to one another.

5. An apparatus according to one of the claims 1-4, wherein the radiation source and the processing organ are
20 placed in a buffer gas, characterized in that the distance between the radiation source and the filter's proximal end in relation to the radiation source is selected subject to the pressure and the type of buffer gas.

6. An apparatus according to claim 5, characterized
25 in that the buffer gas is krypton, that the pressure is at least approximately 0.1 Torr, and the distance between the radiation source and the proximal end of the filter is 5 cm.

7. An apparatus according to one of the preceding
30 claims, characterized in that the length of the filter, which is formed by the distance between the filter's proximal end and its distal end in relation to the radiation source, is selected subject to the pressure of the buffer gas and the form of the filter.

8. An apparatus according to claim 7, characterized
35 in that the length of the filter is at least 1 cm.

9. An apparatus according to one of the preceding claims, characterized in that the filter is maintained at a temperature which is below room temperature.

10. An apparatus according to one of the claims 1-9, characterized in that the number of plates in the filter is adjusted subject to the thickness of each plate and the desired optical transparency of the filter as determined by the formula

$$10 \quad \frac{d}{d + d_t} \times 100 \%$$

in which d = the distance between two plates of the filter at the proximal side of the filter; and

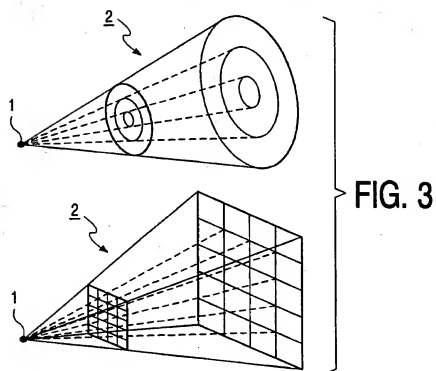
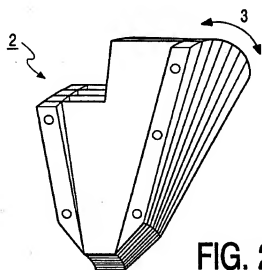
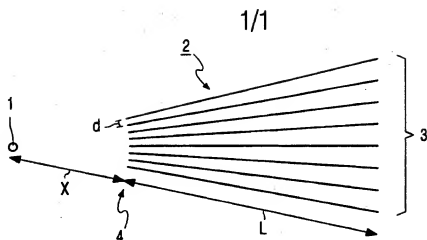
d_t = the thickness of a plate of the filter.

11. An apparatus according to claim 10, characterized in that the number of plates is adjusted such that the distance between two plates is approximately 1 mm.

12. An apparatus according to one of the preceding claims, characterized in that the surface of the plates is rough.

13. A filter for suppressing undesired atomic and microscopic particles which are emitted by a radiation source, characterized in that a plurality of plates are positioned substantially parallel in relation to one another, for trapping atomic and microscopic particles on their respective surfaces.

14. A filter according to claim 13, characterized in that the plates are directed radially from an imaginary point.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/NL 99/00090

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passage	Relevant to claim No.
X	VARTANIAN M ET AL: "POLYCAPILLARY COLLIMATOR FOR POINT SOURCE PROXIMITY X-RAY LITHOGRAPHY" JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: PART B, vol. 11, no. 6, 1 November 1993, pages 3003-3007, XP000423451 see page 3003, right-hand column, last paragraph; figures 2,3	1,3,4, 13,14
X	US 4 837 794 A (RIORDAN JOHN C ET AL) 6 June 1989 see column 2, line 55 - column 3, line 2 see figure 3	1,3,4, 13,14

-/-

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"S" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 April 1999

Date of mailing of the international search report

06/05/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Postbus 12
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Heryet, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/NL 99/00090

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 242 588 A (SILK JOHN K ET AL) 30 December 1980 see column 5, line 51 - column 6, line 3 see figure 2 -----	1,13,14
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 010, 30 November 1995 & JP 07 180042 A (NEC CORP), 18 July 1995 see abstract; figure 2 -----	13,14
X	"COLLIMATOR FOR X-RAY LITHOGRAPHY" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 33, no. 4, 1 September 1990, page 278/279 XP000106428 see the whole document -----	13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/NL 99/00090

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4837794 A	06-06-1989	CA 1233918 A	08-03-1988
		EP 0182477 A	28-05-1986
		JP 61158656 A	18-07-1986
US 4242588 A	30-12-1980	DE 3001059 A	26-02-1981
		JP 1163073 C	10-08-1983
		JP 56027930 A	18-03-1981
		JP 57053657 B	13-11-1982